

Von der (Nicht-)Intelligenz der Algorithmen

Die Frage nach der Existenz von intelligenten Algorithmen mit Hilfe des Intelligenzverständnisses von Gilbert Ryle (1969)

Christopher Klamm¹

Abstract: Superintelligent oder gottesgleich, in der Debatte um künstliche Intelligenz werden Algorithmen verstärkt zu transzendentalen Wesen erhoben. Die Debatten setzten dabei voraus, dass es künstliche Intelligenz überhaupt gibt. Diese Arbeit betrachtet, ob Algorithmen wirklich intelligent sind, oder, ob die Debatte verfrüht eine Intelligenz annimmt, die es (noch) nicht gibt. Anhand des Intelligenzverständnisses nach Gilbert Ryle werden algorithmische Ausprägungen künstlicher Intelligenz prüfend betrachtet. Sein Verständnis agiert als Prüfstein und dient zur Betrachtung von (musterbasierten) Algorithmen und neuronalen Netzen. Es zeigt sich dabei, dass aktuelle Algorithmen eine zunehmende Komplexitätsstufe besitzen sowie eine Vielzahl von intelligenten Merkmalen in sich tragen, jedoch letztlich (noch) am Intelligenzverständnis nach Ryle scheitern, da sie die Lerngrenzen ihrer Verfasstheit nicht überwinden.

Keywords: Intelligenz, künstliche Intelligenz, Algorithmen, Gilbert Ryle

1 Einleitung

„Alles wird intelligent“, so das Postulat der Forscher im digitalen Manifest 2015 [He15]. Algorithmen beeinflussen unser Leben. Googles DeepMind-Algorithmen können autonom Spiele spielen (z.B. das Brettspiel Go) [Be16], Algorithmen können Schrift, Sprache und Muster fast so gut erkennen wie Menschen und viele Aufgaben sogar besser lösen. Es wird immer häufiger von „Superintelligenz“ gesprochen [He15]. Diese künstliche Intelligenz ist allgegenwärtig, mit einem immensen wirtschaftlichen Wachstum [Ca17, p. 138]. Algorithmen, die Grundlage dieser Intelligenz, sind durch ihre Vielschichtigkeit ein Quell der Angst und Begeisterung. Es ist davon die Rede, dass sie „gottesgleiche[s] Wissen“ [Wo15] besäßen und „erschreckend intelligent“ [Gr15] seien. Ebenso aber auch vom Problem, dass diese über unser Verständnis hinaus gehen – „wir wissen nicht, wie sie’s tun“ [An17] – und „bald mehr [können] als wir ihnen beibringen“ [Bu17]. Technologievisionäre wie Elon Musk von Tesla Motors, Bill Gates von Microsoft und Apple-Mitbegründer Steve Wozniak warnen. Dirk Helbing [He16] fragt in diesem Kontext „Maschinelle Intelligenz – Fluch oder Segen?“ – doch gibt es bereits eine *maschinelle Intelligenz!* oder müssen wir noch fragen: *maschinelle Intelligenz?*

¹ TU Darmstadt, Hochschulstraße 10, 64289 Darmstadt, christopher.klamm@stud.tu-darmstadt.de

Im Grundgedanken der künstlichen Intelligenz, deren führender Begründer u.a. der Informatiker John McCarthy war, ist es „the science and engineering of making intelligent machines“ [Mc07]. Eine Maschine besitzt eine Aufgabe, welche diese bearbeitet. Sie soll uns z.B. in Alltagssituationen helfen und das Licht zur richtigen Zeit anschalten oder Berufstätige bei ihrer Arbeit unterstützen. Aber ab wann genau tut sie dies intelligent? Was heißt es, etwas intelligent zu tun? Eine Maschine ist die Summe ihrer Fähigkeiten. Um davon zu sprechen, dass eine Maschine intelligent ist, müsste jede dieser Handlungen auf eine intelligente Weise ausgeführt werden. Finden wir nur ein Indiz der *Nicht-Intelligenz* innerhalb einer Maschine, dann können wir Karl Popper [Po00] und den Falsifikationisten folgend bereits davon ausgehen, dass es keine intelligente Maschine ist. Im Digitalen besteht eine künstliche Maschine bzw. künstliche Intelligenz aus einer Vielzahl von Algorithmen, die ineinander verflochten sind². Wenn wir wissen wollen, ob eine digitale Maschine intelligent ist, dann müssen wir uns anschauen, ob ihre zugrundeliegenden Algorithmen intelligent sind bzw. handeln³. Wir müssen uns dazu also die Frage stellen: *Was ist ein intelligenter Algorithmus und gibt es bereits heute intelligente Algorithmen?*

Ich werde argumentieren, dass es nicht den *einen* Algorithmus gibt und somit die Form der Intelligenz unterschiedlich ausgeprägt ist. Ebenfalls soll argumentativ dargelegt werden, dass eine fortwährende Erweiterung intelligenter Elemente in Algorithmen vorzufinden ist, es aber aktuell noch keine intelligenten Algorithmen gibt, da der Mensch selbst noch als *intelligenter Konstrukteur* eingreift. Um dies aufzuzeigen, sollen folgend zwei Aspekte erörtert werden. Als erstes müssen wir ein Verständnis darüber gewinnen, was es bedeutet, dass eine *Handlung intelligent* ist. Wir benötigen ein *Kriterium*, dass wir prüfend anlegen können. Dieses soll anhand des Verständnisses einer intelligenten Handlung nach Gilbert Ryle [Ry69] erarbeitet werden⁴. Anschließend können wir damit eine erste dichotome Unterscheidung (intelligent/ nicht intelligent) vornehmen. Neben dem Maßstab muss der Untersuchungsgegenstand selbst beleuchtet werden, der *Algorithmus*. Dabei ist zu erarbeiten, ob es den einen Algorithmus gibt oder ob dies eine vielschichtige Begrifflichkeit ist, die in ihren Facetten gesondert zu behandeln ist. Mit Hilfe dieses Wissens können wir unser Kriterium an das Verständnis eines Algorithmus anlegen und aufklären, ob es den intelligenten Algorithmus überhaupt gibt. Damit ergründen wir, ob die aktuelle Debatte begrifflich noch zu weit greift.

² Dies folgt dem Verständnis von McCarthy (2007), welcher die Maschine mit einem Computerprogramm bzw. einer Summe von Algorithmen gleichsetzt [Mc07, p. 2].

³ Wir gehen hier dem Falsifikationismus folgend davon aus, dass die intelligente Maschine – auf der Basis ihrer zugrundeliegenden Algorithmen – auf ihre Intelligenz hin überprüft werden kann. Dies schließt eine intelligente Maschine aus nur nicht-intelligenten Algorithmen per Methode aus.

⁴ Ryle ist besonders gewinnbringend, da er Intelligenz mit der Art und Weise einer Handlung verknüpft und damit die Betrachtung eines handlungsorientierten Algorithmus ermöglicht. Dies ist wichtig, da ein Algorithmus in der Arbeit nicht als eine starre, atomare Struktur verstanden werden soll. Er ist zutiefst handlungsorientiert – nicht die atomare Einheit ist intelligent oder nicht-intelligent, sondern seine Art und Weise Probleme zu lösen.

2 Eine *intelligente Handlung* nach Gilbert Ryle

Gilbert Ryle macht die Frage nach einer intelligenten Handlung zu seinem Untersuchungsgegenstand im Werk „Der Begriff des Geistes“ (1969). Der gedankliche Beginn liegt bei Ryle im *intellektuellen Missverständnis*. Dieses gehe davon aus, dass eine Handlung nur dann intelligent ist, wenn ihr ein (intellektuelles) Abwägen von handlungsleitenden Sätzen vorangeht (Ryle zeigt u.a. das Problem des unendlichen Regresses, siehe dazu [Ry69, p. 35]). Gegen dieses Missverständnis schreibt er an. Dies ist für ihn offenkundig und er zeigt dies an zahlreichen Beispielen, die für sich intelligente Handlungen sind, denen aber dieses vorherige Abwägen nicht innewohnt. Eines seiner Beispiele ist – neben dem Schachspielen – das Argumentieren. Er hält dazu fest: „Regeln für richtiges Argumentieren wurden zuerst von Aristoteles ausgearbeitet, aber Leute konnten Fehlschlüsse vermeiden und aufdecken, lange bevor sie seine Lehren darüber gelernt hatten [...]“ [Ry69, p. 33]. Dies gehe somit, so Ryle, auch ohne ein gebetsmühlenartiges Vorhersagen der Spielregel vonstatten. Ryles Ziel ist es zu zeigen, dass die Intelligenz, als eine Fähigkeit zum praktischen Handeln, und der Intellekt, als Fähigkeit zum Theoretisieren („Ziel dieser Tätigkeiten ist die Erkenntnis von wahren Sätzen oder Tatsachen“ [Ry69, p. 28]), entgegengesetzt dem intellektuellen Missverständnis, zu verstehen sind. Das bedeutet, dass die Fähigkeit zum Theoretisieren selbst nur eine praktische Fähigkeit ist – „Das Erwägen von Sätzen ist selbst eine Tätigkeit, die mehr oder weniger intelligent [...] ausgeführt werden kann“ [Ry69, p. 34]. In dieser gehe es auch darum die Regeln klug anzuwenden, auch ohne inneren Monolog. Ryle unterscheidet dabei zwischen Wissen und Können, um zu verdeutlichen, dass jedem Wissen ein Können vorausgehen muss – „Erfolgreiche Praxis geht ihrer eigenen Theorie voraus [...]“ [Ry69, p. 33].

Intelligent sei jemand, der fähig ist, gewisse Dinge zu tun [Ry69, p. 30]. „[E]r [der Mensch] führt seine Tätigkeiten wirksam aus [...]. Es heißt: ein Ding auf eine bestimmte Weise tun, oder es in einem gewissen Stil oder nach einem gewissen Verfahren zu tun [...]“ [Ry69, p. 58f.]. Seine Handlung hat eine gewisse Qualität bzw. sie erreicht ein „gewisses Niveau“ [Ry69, p. 31]. Solch eine Handlung basiert nicht auf Gewohnheit. Er hält dazu fest: „Wenn wir von jemandem sagen, er tue etwas aus reiner oder blinder Gewohnheit, dann meinen wir, er tue es automatisch und ohne dabei auf das, was er tut, achten zu müssen. [...] Es gehört zum Wesen der bloß gewohnheitsmäßigen Handlung, daß Einzelverrichtungen der Abklatsch ihrer Vorgänger sind. Es gehört zum Wesen intelligenter Handlung, daß Einzelverrichtungen durch ihre Vorgänger beeinflusst werden“ [Ry69, p. 50].

Der Schüler „lernt, wie man etwas denkend macht, so daß jede einzelne Handlung selbst eine neue Unterweisung bedeutet“ [Ry69, p. 51]. Ausbildung ist es, welche die Intelligenz schafft, eine bloße Abrichtung verzichtet auf diese (ebd.). Der Handelnde muss in der Lage sein, „[...] Neuerungen einzuführen, und wo er das tut, handelt er nicht aus Gewohnheit“ [Ry69, p. 57]. Es ist wichtig, dass „[...] er fähig ist, in seinem Vorgehen Fehler zu entdecken und auszumerzen, Erfolge zu wiederholen und zu vergrößern, aus den Beispielen anderer zu lernen und so weiter“ [Ry69, p. 31]. Dies zeigt bereits, dass wir

einer einzelnen „Handlung allein [...] nicht mit Sicherheit ansehen, ob die Ausübung eine Fertigkeit ist“ [Ry69, p. 54], z.B. der gezielte Schuss ins Schwarz beim Schießen (ebd.). Jemand der etwas Intelligentes tut, ist verschiedenen von dem, der zufällig handelt. Es ist die Fähigkeit, Handlungen auf diese Art durchzuführen – jene sind intelligent, die „für ihre Handlungen verantwortlich sind. Intelligent sein heißt nicht bloß gewissen Kriterien zu genügen, sondern sie anzuwenden“ [Ry69, p. 31]. Damit besitzt er eine „Disposition, [...] solche Handlungen richtig, erfolgreich usw. auszuführen“ [Ke75, p. 164]. Wie der Bergsteiger im Dunkeln, der „mit einem gewissen Maß von Geschicklichkeit und Verstand“ vorgeht [Ry69, p. 50]. Oder der intelligente Kraftfahrer: „[d]en durchgegangenen Esel hat er nicht vorausgesehen, aber ist auf ihn gefaßt“ [Ry69, p. 58]. Der Handelnde hat die Gedanken bei der Sache. Eine solche Fähigkeit zu besitzen bedeutet, eine mehrspurige Disposition zu richtigem Verhalten zu besitzen [Ke75, p. 164]. „Können ist also eine Disposition, aber nicht eine eingleisige Disposition wie ein Reflex oder eine Gewohnheit. Es wird in der Befolgung von Regeln oder Richtlinien oder der Anwendung von Kriterien ausgeübt [...]“ [Ry69, p. 56]. Die „höherstehenden menschlichen Dispositionen [...] [sind] [...] im Allgemeinen nicht eingleisig“ [Ry69, p. 53], nicht wie beispielweise das Weinglas die Disposition zerbrechlich besitzt [Ry69, p. 51]. Hinter aller Intelligenz steht implizit die Logik als Grundprinzip, denn, wenn er intelligent handelt „[...] befolgt er die Regeln der Logik, [wahrscheinlich] ohne an sie zu denken“ [Ry69, p. 58]. Intelligente Handlung erfährt eine Kennzeichnung. Die „Beschreibung dieses modus operandi muß mit Hilfe solcher halb dispositionellen, halb episodischen Beiwörter wie ‚wachsam‘, ‚sorgfältig‘, ‚kritisch‘, ‚genial‘, ‚logisch‘ gekennzeichnet werden.“ [Ry69, p. 58f.]

Um den Untersuchungsgegenstand *Algorithmus* mit einem Maßstab zu prüfen, sollen die Darstellungen nach Ryle in einer Art *Intelligenz-Prüfstein* zusammengefasst werden. Dieser besteht aus denen von Ryle ausgeführten Elementen. Als erstes muss eine Handlung, um intelligent zu sein, nicht aus Gewohnheit entstehen, kein bloßer Abklatsch sein, Neuerungen müssen somit möglich sein. Ebenfalls ist es wichtig, dass eine intelligente Handlung absichtsvoll und nicht aus reinem Zufall passiert. Das Ablaufen einer Handlung muss dabei stets logischen Gesetzmäßigkeiten folgen. Abschließend ist es wichtig, dass nur intelligent gehandelt werden kann, wenn auch aus den Fehlern gelernt wird und das ist damit komplementär zum bloßen Abrichten. Eine solche Handlung erhält nach Ryle die Beiwörter *sorgfältig*, *kritisch*, *genial* oder *logisch*. Diese angeführten Kriterien sind nicht disjunkt und überlagern sich teilweise in ihrer Bedeutung und sagen somit besonders etwas in ihrer Gesamtheit über eine Handlung aus.

Mit Ryle haben wir etwas gewonnen, mit dessen Hilfe wir uns ein Bild davon machen können, was es bedeuten kann, wenn von Intelligenz bzw. einer intelligenten Handlung gesprochen wird. Dieses Verständnis soll uns begleiten, wenn wir uns dem Algorithmus nähern und der Frage, ob ein Algorithmus wirklich intelligent ist. Doch ohne einen Begriff davon zu besitzen, was ein Algorithmus ist, haben wir nichts, woran wir diesen Maßstab anlegen können. Aus diesem Grund möchte ich den Begriff folgend näher betrachten.

3 Der Algorithmus als intelligenter Problemlöser

Betrachten wir Algorithmen, so wird die intuitive Vorstellung sich schnell im technischen Raum der Computer ansiedeln. Bevor wir zu einem technisierten Verständnis von Algorithmen vordringen, können wir Algorithmen viel gegenständlicher als eine Art *Handlungsvorschrift* begreifen – Pomberger/ Dobler [2008, p. 33] bezeichnen einen Algorithmus auch als „schrittweises Problemlösungsverfahren“. Dieser besteht aus definiert endlich vielen Schritten und ist deterministisch. Bei der dadurch erzeugten Problemlösung wird eine bestimmte Eingabe in eine Ausgabe überführt. Ein sehr zentrales Verständnis eines Algorithmus ist damit seine *Funktion*, welche in der Problemlösung besteht bzw. eine Eingabe in eine Ausgabe zu überführen⁵. So verstanden ist ein Algorithmus eine Black-Box zwischen Eingabe und Ausgabe. Wichtig dabei ist, dass eine intendierte Ausgabe erzeugt werden soll, nämlich die Lösung eines Problems.

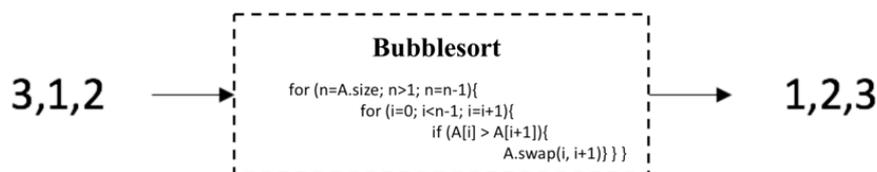


Abb. 1: Algorithmus "Bubblesort" (eigene Darstellung)

Wenn wir anschließend in eine technische Umsetzung eines Algorithmus hineinschauen, dann können wir dazu beispielweise einen Algorithmus aus einem Bereich der grundlegendsten Algorithmen wählen, wie dem Bereich der Sortieralgorithmen. Der Sortieralgorithmus *Bubblesort* markiert den Beginn derartiger Algorithmen (Abb. 1). Für diesen Algorithmus möchte ich zeigen, welche Funktion er ausübt und welche Ein- und Ausgabe dafür benötigt bzw. generiert werden. Als Intention steht, eine Liste von Zahlen zu sortieren z.B. 3, 1, 2. Damit wäre die Eingabe eine Liste von Zahlen, welche in eine Liste von Zahlen als Ausgabe überführt werden soll. In diesem Fall wäre die Eingabe 3, 1, 2 und die Ausgabe 1, 2, 3. Diese basale Operation verdeutlicht den Problemlösecharakter eines Algorithmus. Das Problem ist eine potenziell unsortierte Reihenfolge von Zahlen und die dazugehörige geordnete Lösung.

Ist diese Fähigkeit bereits eine intelligent ausgeführte Handlung, im Sinne Ryles? Um dies zu überprüfen, greifen wir auf den erarbeiteten Prüfstein zurück. Der einfache Problemlöser Algorithmus ist vor allem eines: *nicht dynamisch*. Grund dafür ist, dass er durch einen menschlichen Konstrukteur einprogrammiert ist. Auf einem „neuen Berg“ findet er sich nicht zurecht. Er ist vorgedacht, mit einem festen Plan, der unveränderlich ist. Er ist wie eine definierte Fahrroute, von der auch bei zu erwartender längerer Fahrzeit oder bei

⁵ Dieses Verständnis verengt für die handhabbare Betrachtung die Komplexität eines Algorithmus, welcher auch über seine Eigenschaften: Korrektheit, Effizienz, dynamische Endlichkeit, Vollständigkeit, Eindeutigkeit, statische Endlichkeit oder Ausführbarkeit beschrieben werden könnte (siehe dazu z.B. [PD08, p. 33ff.]).

Baustellen nicht abgewichen werden würde. Jeder neue Sortierdurchlauf wäre somit lediglich ein Abklatsch. Während seiner Ausführung nimmt *Bubblesort* keine gelernte Veränderung seiner strukturellen Gestalt vor. Der Algorithmus ist jedoch nicht zufällig. Die definierte Reihenfolge schafft Verlässlichkeit. Bekommt der Algorithmus unsortierte Zahlen als Eingabe, dann ist die Ausgabe sortierte Zahlen. Ebenfalls folgt er selbst einer Logik. Diese ist für Zahlen auch auf einer mathematischen Logik begründet. Betrachten wir seine Fähigkeit aus Fehlern zu lernen⁶, Neuerungen einzubauen, sich dynamisch zu verändern, dann ist dies für einen derartigen Algorithmus nicht gegeben. Er selbst würde die Fehler nicht bemerken, es wären für ihn keine. Wird dem Algorithmus eine Fähigkeit des Sortierens zugeschrieben, dann würden wir spätestens bei der Sortierung von Buchstaben feststellen, dass er diese nur eingeschränkt für Zahlen und nicht für Buchstaben besitzt. Einem derartigen Algorithmus mag man das Beiwort sorgfältig und in den meisten Fällen auch logisch anfügen, genial oder gar kritisch ist er nicht. Der einfache Algorithmus ist ein unveränderliches strukturelles Gebilde einer einprogrammierten Lösungsvorschrift, bei dem nach Ryle nicht von einem *intelligenten Algorithmus* gesprochen werden kann.

Damit könnten wir die Betrachtung von intelligenten Algorithmen bereits beenden. Doch damit würden wir der Vielfältigkeit von Algorithmen nicht gerecht werden. Das antiquierte Verständnis eines Algorithmus, als starre Lösungsvorschrift, kann heute nicht mehr aufrechterhalten werden. Während es diese elementare Form des Algorithmus nach wie vor gibt und selbst bei allen weiteren Algorithmen als Hintergrundrauschen existent ist, hat die Ausdifferenzierung und Erweiterung der Komplexität von Algorithmen ganz neue Formen hervorgebracht, welche wir nicht unbeachtet zurücklassen können.

4 Die Existenz intelligenter Algorithmen

In der heutigen Entwicklung spielen besonders Algorithmen eine wichtige Rolle, die musterbasiert Probleme lösen. Diese Form ist im ersten Schritt in der Lage, anhand von vorprogrammierten Mustern bzw. Merkmalen beliebige Daten anhand dieser zu betrachten. Und in einem zweiten Schritt anhand dieser Muster – auf Basis von Wahrscheinlichkeiten – Aussagen zu treffen. Das Problemlösen ist weiter die Aufgabe eines Algorithmus, was sich dabei ändert, ist seine Art, diese zu bewältigen. Während einfache traditionelle Problemlöser, wie im Vorangegangenen dargestellt, einen vordefinierten/ vorprogrammierten Pfad der Aufgabenbewältigung haben, sind die musterbasierten Algorithmen mit einer neuen Art von Beliebigkeit und Anpassungsfähigkeit ausgestattet. An einem Beispiel lässt sich diese Neuartigkeit verdeutlichen. Ein beliebtes und immer noch sehr aktuelles Problem ist die Bestimmung von Stimmungslagen, die mit einem Text ausgedrückt werden⁷. Nehmen wir das

⁶ Lernen meint hier, dass er in der Lage ist, seine Handlung nach Erfahrung/ Feedback anzupassen. Ein Fehler ist dabei ein negatives Feedback – hervorgerufen durch eine Handlung.

⁷ siehe dazu z.B. *Sentiment Analyse* für kurze Texte [KWM11]

Satzbeispiel: „*Intelligente Algorithmen sind eine große Gefahr für unsere Menschheit*“.
 Dieser Satz bringt eine *negative* Stimmung gegenüber dem Thema Algorithmen zum Ausdruck. Die Aufgabe eines Algorithmus wäre es zu erkennen, dass dieser Satz negativ gemeint ist – auch ohne, dass wir dem Algorithmus genau sagen, dass dies der Fall ist. Seine allgemeine Aufgabe ist somit, für einen beliebigen Satz vorherzusagen, ob dieser positiv oder negativ gemeint ist. Um dies zu ermöglichen, versucht der Algorithmus Muster innerhalb von positiven und von negativen Sätzen wiederzufinden. Diese Muster werden durch den Menschen als intelligenten Konstrukteur einprogrammiert. Beispielsweise werden dafür sogenannte n-Gramme verwendet. Ein n-Gramm ist in einem Satz eine zusammenhängende Anzahl von z.B. Wörtern. Das einfachste n-Gramm ist das Unigramm. Das bedeutet, dass sich der Algorithmus immer genau ein Wort anschaut. Ein dadurch zu erkennendes Muster wäre, dass in einem negativen Satz z.B. das Wort *Gefahr* häufiger vorkommen könnte. Anhand von sehr vielen Beispielen würde der Algorithmus immer wieder schauen, ob das Wort *Gefahr* ein verlässlicher Indikator dafür ist, dass der Satz negativ ist. Der Algorithmus basiert dabei auf statistischen Modellen, wie dem populären *Logistic Regression Model* [Da50]. Dieses Model versucht mathematisch die bekannten Daten auf der Basis der Merkmale, wie z.B. der verwendeten Wörter, zu beschreiben. Weitere Merkmale, neben den einzelnen Wörtern, könnten Wortlängen oder Wortkombinationen, wie z.B. *große Gefahr*, sein⁸. Anhand einer Vielzahl von definierten Merkmalen lernt das Model einen unbekanntem Satz richtig einzuordnen, indem es eine Wahrscheinlichkeit angibt, mit welcher ein Satz positiv/ negativ ist (siehe Abb. 2).

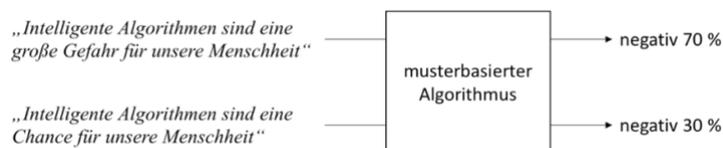


Abb. 2: "Sentiment Analyse" mit Hilfe eines musterbasierten Algorithmus (eigene Darstellung)

Ist diese neue Fähigkeit der über Muster definierten Algorithmen bereits ein Intelligenzindikator? Um dies zu prüfen, legen wir wieder den erarbeiteten Prüfstein nach Ryle an. Musterbasierte Algorithmen agieren nicht zufällig. Die Entscheidung lässt sich logisch anhand der statistischen Betrachtung von Merkmalen über viele Beispiele hinweg ableiten. Schwieriger wird es bei der Frage der Gewohnheit. Die Muster sind durch den Entwickler vordefiniert und werden nicht gelernt. Der Algorithmus entscheidet auf der Basis der Muster. Würde er merken, dass er sehr schlecht im Vorhersagen ist, dann könnte er das nicht selbst ändern. Er lernt in seinem ihm gegebenen Lernhorizont, aber kann sich strukturell nicht verändern. Er ist auch, wie ein traditioneller Algorithmus, strukturell statisch angelegt. Dennoch agiert er nicht einfach aus Gewohnheit. Seine Entscheidung basiert auf einer Erfahrung. Sein Erfahrungshorizont ist zwar begrenzt, aber in diesem sammelt er Erfahrungen und kann diese auch in einer neuen Situation, die ihm unbekannt

⁸ In diesem Forschungsbereich ist besonders das Finden von geeigneten Mustern die wissenschaftliche Leistung (siehe dazu z.B. [So13]).

ist, anwenden. Er geht jedoch mit seiner Beschaffenheit weit über die traditionellen Algorithmen hinaus. Er besitzt die Fähigkeit, kontextübergreifend für Unbekanntes Entscheidungen zu treffen. Von einer klassischen, vollständig vorgedachten Ablaufstruktur ist er somit weit entfernt. Dennoch wird auch hier deutlich, dass er nach unserem erarbeiteten Verständnis nicht intelligent handelt, da er nicht lernen kann, um Neuerungen gerecht zu werden. Er kennt zwar seine „Berge“ gut, hat aber nicht die Fähigkeit, sich auf strukturell anderes Gelände einzustellen.

Auch die Betrachtung von musterbasierten Algorithmen hat gezeigt, dass Algorithmen nicht intelligent sind und unsere These ein weiteres Mal widerlegt. Dennoch ist der Bereich der Algorithmen noch nicht ausschöpfend betrachtet worden. In den letzten Jahren hat besonders eine Form der Algorithmen eine Renaissance⁹ erlebt: *Algorithmen, die auf neuronalen Netzen basieren*. Ob diese die Quelle der intelligenten Algorithmen ist, soll daher folgend betrachtet werden.

Neuronale Netze stellen die Basis für einen neuartigen Typ von Algorithmen. Während musterbasierte Algorithmen noch vordefinierte Muster benötigten, die sie anschließend in den Daten zu finden versuchen, sind neuronale Netze selbst in der Lage, Muster zu generieren und zu finden, ganz ohne Hilfe. Sie agieren selbstlernend. Damit werden diese immer unabhängiger darin, Aufgaben zu erledigen. Die Idee der neuronalen Netze weicht von der deterministischen Grundidee ab und basiert dabei auf uns selbst. Die Grundlage liegt in der Gehirnforschung. Dabei nutzt diese die gewonnenen Erkenntnisse über das gegenseitige Spiel der *Nervenzellen (Neuronen)* und deren *Verbindungen (Synapsen)* in unserem Gehirn. Hunderte und tausende Verbindungen finden wir für ein Neuron mit anderen. Diese sind flexibel und höchst wandelbar. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Neuronen erfolgt in der Regel mittels chemischer Botenstoffe (sogenannte Neurotransmitter). Innerhalb von Neuronen werden Signale elektrisch weitergeleitet. Die Stärke des Einflusses auf eine Nervenzelle hängt davon ab, wie nah eine Synapse am Zellkörper ansetzt. Bei gleichzeitig eintreffenden Signalen unterschiedlicher Nervenzellen addieren sich die Wirkungen. Die Botenstoffe lösen dann in einem Neuron einen sich immer weiter verstärkenden Reiz aus. Erreicht der Reiz eine bestimmte Schwelle, dann wird ein Aktionspotenzial ausgelöst. Dieses komplexe Geflecht aus Neuronen, Synapsen und Aktionspotenzial ist hochgradig veränderbar – durch Erfahrungen und Eindrücke finden fortwährend Anpassungen statt. Wichtig ist, dass sich spezifische Gruppierungen einzelner Neuronen bilden und sich auf das Erkennen komplexer Muster spezialisieren. Beispielsweise Gesichter: es sind unterschiedliche Neuronenverbände beteiligt, wenn wir einfach Gesichter im allgemeinen oder Gesichter unserer Freunde erkennen.

Die technische Adaption der Gehirnforschung hin zu neuronalen Netzen macht sich diese Eigenschaften zunutze. Es geht in erster Linie um das Erkennen und Erlernen von

⁹ Im Jahr 1969 zeigten Minsky und Papert, dass viele Probleme mit den damals bestehenden neuronalen Netzwerken gar nicht gelöst werden können. Damit wurde es still um diesen Forschungsbereich. Erst 15 Jahre später erlebte das Gebiet mit vielversprechenden Arbeiten u.a. von Hopfield (1985) eine Renaissance, welche bis heute ungebrochen ist (siehe [Kr07, p. 9ff.]).

Mustern. Die neuronalen Netze sind in ihren Grundelementen von hoher Simplizität. Sie setzen sich aus einfachen miteinander gekoppelter mathematischer Funktionen zusammen. Mit deren Hilfe diese Netze erst im Laufe des Trainings und nach der Betrachtung einer Vielzahl von Beispielen in die Lage versetzt werden, das zu lernen, was wichtig ist (z.B. was ein Gesicht zu einem Gesicht macht oder einen Hund zu einem Hund). Jedes neue Beispiel nutzt das Netzwerk dabei zur Aktualisierung der Muster und speist dies als Feedback zurück in das neuronale Netzwerk, in dem es unzählige Parameter innerhalb des Netzwerkes neu justiert. Dadurch passen sich die elementaren Grundfunktionen im Verbund über die Zeit an die Beispiele und werden in die Lage versetzt, Aufgaben zu lösen bzw. Probleme zu bearbeiten. Die Anpassung ist dabei Domain ungebunden und kann in beliebig vielen Lernschritten wiederholt werden, damit es immer besser die Aufgabe lösen kann. Wird ein Bild ins Netzwerk gespeist, dann lernt es beispielsweise die Muster eines Tieres, gleiches gilt für einen Satz, auch wenn uns Bilder und Sprache erst einmal recht unterschiedlich in der Verarbeitung erscheinen.

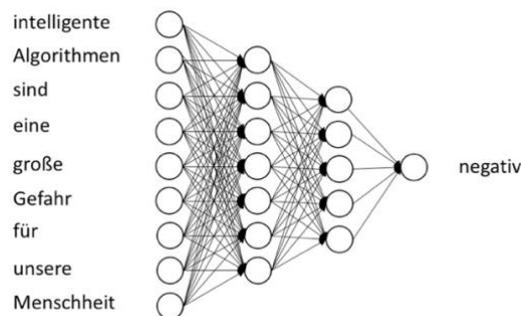


Abb. 3: Neuronales Netzwerk lernt Muster eines negativen Satzes (eigene Darstellung)

Um die Vorgehensweise eines neuronalen Netzwerkes zu verdeutlichen, soll das Beispiel aus den musterbasierten Algorithmen wieder aufgegriffen werden. Soll für einen gegebenen Satz entschieden werden, ob dieser positiv oder negativ ist, dann bekommt das neuronale Netzwerk diesen als Eingabe (siehe Abb. 3). Da diese Form nicht mit Buchstaben umgehen kann, wird jedes Wort in eine Zahlenfolge übersetzt z.B. die Stelle im Wörterbuch. Diese Zahlen werden vorbei an vielen kleinen mathematischen Stellschrauben durch das Netzwerk geleitet. Am Ende entscheidet das Netzwerk, ob es sich um einen positiven oder negativen Satz handelt. Liegt es falsch, dann ändert es seine Stellschrauben, um beim nächsten Satz dieser Art richtig zu entscheiden. Diese Stellschrauben bilden musterartig ab, was es heißt, wenn Sätze eine positive oder negative Form haben.

Diese neuartigen Algorithmen sind damit um eine neue Komplexitätsstufe erweitert, aber sind sie damit auch intelligent? Als erstes kann beobachtet werden, dass diese nicht gewohnheitsmäßig handeln. Ihre Entscheidungen sind kein Abklatsch und sie sind in der Lage, Neuerungen aufzunehmen. Dies bedeutet auch, dass sie aus Fehlern lernen können. Passt das Netzwerk nicht zu der Aufgabe, dann verändert sich der (selbstlernende)

Algorithmus selbstständig¹⁰. Er modelliert damit die Wirklichkeit anhand von Erfahrung. Ebenfalls wird deutlich, dass ein Netzwerk, was bereits Muster gelernt hat, nicht aus Zufälligkeit, sondern auf der Basis der Vorgänger agiert. Innerhalb des Netzwerkes ist eine starke logikbasierte Vorgehensweise vorzufinden. Das Netzwerk lernt anhand von mathematischen Funktionen und definierten Verknüpfungen. Dennoch muss hier herausgestellt werden, dass auch das Netzwerk nur in seinem vorgegebenen Horizont lernt und nicht davon losgelöst eine Fähigkeit besitzt. Diese Algorithmen sind in ihrem aktuellen Einsatz auch von ihrer strukturellen Definiertheit durch den Entwickler bestimmt. Dies bedeutet, wenn ein Algorithmus merkt, dass er falsch liegt, dann kann er seine internen Netzwerkparameter ändern, er ist aber nicht in der Lage, sich lernend selbst ein neues Netzwerk zu bauen und sich dahingehend selbst strukturell zu verändern¹¹. Womit auch für die dargestellte aktuelle Generation von Algorithmen keine vollständige Intelligenz nach Gilbert Ryles Intelligenzbegriff postuliert werden kann. Gleichwohl eine Tendenz zur Erweiterung intelligenter Elemente deutlich erkennbar ist.

5 Schlussfolgerung

Intelligente Algorithmen im Bereich der künstlichen Intelligenz sind ein allgegenwärtiges Thema, sowohl in der Forschung, als auch in der Öffentlichkeit. Die mediale Darstellung berichtet von vollständig autonomen und intelligenten Maschinen. Ob Algorithmen, aus denen sich (digitale) Maschinen zusammensetzen, bereits eine Form der Intelligenz haben, wurde von mir in dieser Arbeit betrachtet.

Dazu ging ich einleitend auf das Verständnis einer intelligenten Handlung nach Gilbert Ryle (1969) ein. Nach diesem ist eine Handlung intelligent, wenn sie folgende Eigenschaften besitzt. Die Handlung darf *nicht gewohnheitsmäßig* sein, sie muss *absichtsvoll* und *nicht aus Zufall* passieren, sie muss *logischen Gesetzmäßigkeiten* folgen und intelligent gehandelt werden kann nur, wenn aus *Fehlern gelernt* wird. Anschließend wurde ein Verständnis des Begriffs Algorithmus erarbeitet. Dieser wurde als vordefinierte Handlungsanweisung zur Problemlösung beschrieben. Im Verlauf wurde deutlich, dass dies der heutigen Verwendung von Algorithmen nicht mehr gerecht wird, da diese bereits vielfältig ausdifferenziert wurden und um einige Komplexitätsstufen gewachsen sind. Dies führte uns zu merkmalsbasierten Algorithmen, die in der Lage sind, anhand fest definierter Merkmale beliebig neue Daten zu betrachten. Fortführend wurde auf die heute vorherrschenden Algorithmen, in Form von neuronalen Netzen, eingegangen. Diese sind es, welche heute im Bereich der künstlichen Intelligenz verstärkt Anwendung finden.

Bei der Untersuchung der verschiedenen Typen von Algorithmen wurde deutlich, wie stark sich die Beschaffenheit der Algorithmen auf die Betrachtung des

¹⁰ Hier sei angemerkt, dass sich dies im Besonderen auf das Lernen der Gewichtungen bezieht. Die Art der Problemlösung, der Gewichtungsprozess sowie die Bewertung eines Fehlers bleiben gleich.

¹¹ Hierfür bedürfte es bspw. einer Anknüpfung an die Idee des *self-modifying code* [Ba81].

Intelligenzverständnisses auswirkt. Die einfachen Problemlöser, die traditionellen Algorithmen, zeigen durch ihre vorgedachte statische Struktur, dass diese gewohnheitsmäßig reproduzieren, aber nicht in der Lage sind, aus Fehlern zu lernen. Dies erfüllte vollumfänglich nicht die Anforderungen, die Ryle an die intelligente Handlung stellt. Bei der Betrachtung des merkmalsbasierten Algorithmus zeigte sich zum einen, dass er logisch, auf statistischer Basis, nicht zufällig Handlungsentscheidungen trifft und nicht gewohnheitsmäßig auf neue Situationen reagieren kann. Zum anderen zeigt sich jedoch auch, dass diese Form durch vorprogrammierte Muster nur einen begrenzten Horizont hat, welcher durch eine strukturelle Unveränderbarkeit bestimmt ist. Er ist zwar in der Lage, auf Basis von vielen Erfahrungen zu lernen, aber er kann daraus keine Veränderung des eigentlichen Vorgehens erzeugen. Er ist nicht in der Lage, selbst neue Muster zu bestimmen, um seine Aufgabe noch besser zu erfüllen. Auch dieser Algorithmus stellte sich als nicht intelligent heraus. Diesen beiden Algorithmen entgegen verhielt es sich bei den Algorithmen, die auf neuronalen Netzwerken basieren. Diese können effektiv aus Fehlern lernen und ihre Netzwerkeigenschaften darauf anpassen. Damit begegnen diese Algorithmen mühelos Neuheiten und sind weder gewohnheitsmäßig, noch zufällig bestimmt. Doch auch dieses Netzwerk kann nur in einem vordefinierten Rahmen lernen. Es ist zwar möglich, dass das Netzwerk seine internen Parameter justiert, es kann sich jedoch selbst als Gesamtes nicht lernend umbauen oder seine Struktur reflektieren. Damit zeigte die aktuellste Form von Algorithmen zwar eine viel höhere Komplexitätsstufe und erfüllte eine Vielzahl der Anforderungen an einen intelligenten Algorithmus, kann jedoch auch abschließend nicht als intelligent bezeichnet werden. Damit muss folgernd die Forschungsfrage verneint werden: *Algorithmen sind (noch) nicht intelligent!*

Abschließend bleibt festzuhalten, um wirklich intelligent sein zu können, müssen Algorithmen lernend die Grenzen ihrer eigenen Verfasstheit überwinden. Sie selbst müssen zum intelligenten Konstrukteur werden. Diesen Pfad auch kritisch zu betrachten, wie es Dirk Helbing und viele andere tun, sollte dabei ein integraler Bestandteil sein. Kriterien, wie die von Gilbert Ryle, können dabei einen wichtigen Beitrag leisten, um die Facetten der Intelligenz auszuloten und zu hinterfragen.

Literaturverzeichnis

- [An17] Anderl, S.: Künstliche Intelligenz, <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/die-risiken-kuenstlicher-intelligenz-15163407.html>, 2017, Stand: 29.04.2018.
- [Ba81] Bashe, C./ Buchholz, W./ Hawkins, G./ Ingram, J./ Rochester, N.: The Architecture of IBM's Early Computers. In: IBM Journal of System Development, 25(5), 1981.
- [Be16] Betschon, S.: Versteckspiel im Suchbaum, www.nzz.ch/meinung/kommentare/versteckspiele-im-suchbaum-1.18717802, 2016, Stand: 29.04.2018.
- [Bu17] Budras, C.: Künstliche Intelligenz, www.faz.net/aktuell/wirtschaft/netzwirtschaft/kuenstliche-intelligenz-der-grosse-durchbruch-ist-jetzt-da-15141071-p2.html, Stand am 29.04.2018.

- [Ca17] Caracciolo, L.: Grundsatzfragen der künstlichen Intelligenz. Können wir den Maschinen noch trauen? In: t3n Magazin Nr. 48, S. 76-79, 2017.
- [Da50] Dayton, M. C.: Logistic Regression Analysis, <https://www.researchgate.net/publication/268416984>, 1950, Stand: 29.04.2018.
- [Gr15] Graff, B.: Deep Dream: Ein erschreckend intelligenter Algorithmus, <http://www.sueddeutsche.de/digital/kuenstliche-intelligenz-hilfe-die-computer-bekommen-1.2570782>, Stand: 29.04.2018.
- [He15] Helbing, D./ Frey, B. S./ Gigerenzer, G./ Hafen, E./ Hagner, M./ Hofstetter, Y./ Van den Hoven, J./ Zicari, R. V./ Zwitter, A.: Digitale Demokratie statt Datendiktatur, <http://www.spektrum.de/news/wie-algorithmen-und-big-data-unsere-zukunft-bestimmen/1375933>, 2015. Stand: 29.04.2018.
- [He16] Helbing, D.: Maschinelle Intelligenz – Fluch oder Segen, <https://www.telekom.com/de/konzern/digitale-verantwortung/details/maschinelle-intelligenz---fluch-oder-segen--es-liegt-an-uns---352200>, 2015. Stand: 29.04.2018.
- [Ke75] Kemmerling, A.: Gilbert Ryle: Können und Wissen. In: Speck, Josef (Hrsg.): Grundprobleme der großen Philosophen – Philosophie der Gegenwart III, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, S. 127-167, 1975.
- [Kr07] Kriesel, D.: Ein kleiner Überblick über neuronale Netze. http://www.dkriesel.com/_media/science/neuronalenetze-de-zeta2-2col-dkrieselcom.pdf, 2007. Stand: 29.04.2018.
- [KWM11] Kouloumpis, E./ Wilson, T./ Moore, J.: Twitter Sentiment Analysis: The Good the Bad and the OMG! In: Proceedings of the Fifth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media, S. 538-541, 2011.
- [Mc07] McCarthy, J.: What is artificial intelligence? <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>, 2007. Stand: 29.04.2018.
- [PD08] Pomberger, G./ Dobler, H.: Algorithmen und Datenstrukturen. Eine systematische Einführung in die Programmierung, München, Pearson Studium, 2008.
- [Po00] Popper, K.: Wissenschaft: Vermutungen und Widerlegungen, Vortrag in Cambridge, Tübingen, Mohr Siebeck, 2000.
- [Ry69] Ryle, G.: Der Begriff des Geistes, Stuttgart, Reclam, 1969.
- [So13] Socher, R./ Perelygin, A./ Wu, J./ Chuang, J./ Manning, C./ Ng, A./ Potts, C.: Recursive deep models for semantic compositionality over a sentiment treebank. In: Proceedings of the 2013 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Association for Computational Linguistics, S. 1631-1642, 2013.
- [Wo15] Wolfangel, E.: Maschinen mit gottesgleichem Wissen, <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.big-data-maschinen-mit-gottesgleichem-wissen.12c1211e-c88c-4aa3-959a-d4ed913fcc8e.html>, 2015. Stand: 29.04.2018.